

ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ РАСТВОРИМЫХ АЛЮМИНАТОВ
НЕФЕЛИНОВОГО СПЕКА В ПОЛЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ
КОЛЕБАНИЙ

С. И. ЕНГИБАРЯН и С. В. ГЕВОРКЯН

Институт общей и неорганической химии
НАН Республики Армения, Ереван

Поступило 24 II 1998

Изучено влияние ультразвуковых (УЗ) колебаний на процесс выщелачивания растворимых алюминатов из капиллярно-пористых нефелиновых спеков. Показано, что при равномерном распределении частичек спека и кавитационных полостей в зоне УЗ обработки суспензии и соотношении диаметров излучателя и выщелачивателя, равном 0,9÷1,0, скорость выщелачивания резко повышается, обеспечивая максимальные выходы за время менее 3 мин и минимальные вторичные потери глинозема и щелочей.

Рис. 1, табл. 3, библиографических ссылок 7.

Несмотря на многократные усовершенствования аппаратурно-технологических схем выщелачивания растворимых алюминатов из капиллярно-пористых нефелиновых спеков [1] вторичные потери глинозема и щелочей в производственных условиях продолжают оставаться высокими. Они обусловлены побочно протекающими процессами разложения двукальциевого силиката с переходом в раствор кремнезема и синтезом малорастворимого щелочного гидроалюмосиликата. Из-за повышенного содержания глинозема и щелочей огромные количества белитового шлама не находят применения в производстве цемента. Низкая скорость извлечения растворимых ком-

понентов из капиллярно-пористых веществ наблюдается также и в других системах [2-4]. Попытка устранения диффузионных сопротивлений в капиллярах и порах путем дополнительного измельчения в случае нефелиновых спеков не пригодна, т.к. с ростом скорости извлечения увеличиваются также и вторичные потери глинозема и щелочей.

В работах [2-4] показано, что на процессы массопереноса в капиллярах и порах сильное влияние оказывают УЗ колебания.

Целью настоящей работы является повышение скорости и глубины извлечения растворимых алюминатов из капиллярно-пористых нефелиновых спеков с помощью УЗ колебаний.

Экспериментальная часть

Исследования проведены преимущественно на калиевом нефелиновом спеке, полученном спеканием насыщенных шихт концентрата армянского нефелинового сиенита с известняком при температуре 1275°C со следующими молярными отношениями окислов: $\text{CaO}:\text{SiO}_2 = 2,0 \pm 0,05$; $\text{R}_2\text{O}/(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3) = 1,0 \pm 0,05$.

Стандартное выщелачивание измельченного спека с размером частиц $d, \leq 0,0125 \text{ см}$ при непрерывном перемешивании проводили в течение 15 мин при температуре $68-70^{\circ}\text{C}$ содово-щелочным раствором, взятым в количестве, обеспечивающем весовое отношение жидкой и твердой фаз $\text{Ж}:\text{Т} = 3$. Полученный шлам отделяли от раствора на воронке Бюхнера и промывали на фильтре горячей водой. Содово-щелочной раствор содержал количество соответствующих щелочей, обеспечивающее дозировку 1 моля $\text{Na}_2\text{O}_{\text{КБ}}$ и 0,25 моля $\text{Na}_2\text{O}_{\text{КТ}}$ на 1 моль окиси алюминия в спеке. Эксперименты были проведены в кажущейся кинетической области.

В табл.1 приведены химические составы спека и полученного в условиях стандартного выщелачивания белитового шлама. По содержанию щелочей $\text{R}_2\text{O} = 1,48\%$ полученный белитовый шлам считается кондиционным для производства портландцемента, т.к. $\text{R}_2\text{O} \leq 2,0\%$. Однако в производственных условиях, вследствие многократного увеличения времени выщелачивания, повышается также содержание глинозема и щелочей в шламах. В результате шлам становится непригодным для производства цемента.

Химический состав спека и шлама стандартного выщелачивания

Наим.	Si ₂ O	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	гпп + вл
спек	24,27	15,34	3,49	0,36	43,34	2,71	9,85	1,13
шлам	30,04	2,86	4,65	0,44	55,70	0,46	1,02	4,75

Учитывая возможность активации процессов переноса в капиллярах и порах путем проникновения в них с большой скоростью микропотоков жидкости, образующихся при захлопывании кавитационных полостей, исследования процессов выщелачивания проводили в поле УЗ колебаний. Источником УЗ колебаний служил ультразвуковой диспергатор "УЗДН-1" с частотой 22÷44 кГц и акустической мощностью 50 Вт/см². Однако первые эксперименты в аппаратах различных конструкций показали, что вследствие неравномерного распределения частичек спека и кавитационных полостей в зоне обработки суспензии и наличия мертвых зон выходы глинозема и щелочей невысокие. Равномерное распределение не обеспечивают также существующие аппараты УЗ обработки суспензии [5,6], вследствие чего иногда дополнительно применяют механическое перемешивание [6].

С целью равномерного распределения частичек спека и кавитационных полостей в зоне обработки суспензии, исключения "мертвых" зон и максимально эффективного использования кавитационной энергии нами разработан аппарат УЗ обработки суспензии [7], (рис.).

Для достижения указанной цели магнитострикционный излучатель 1 установлен на уровне перехода верхней части 3 сосуда 2 в нижнюю часть 4, диаметр сечения которой равен или больше диаметра сечения излучателя на 0,5÷1,0 см. С целью предотвращения "мертвых" зон циркуляционная труба 5 одним концом присоединена к днищу цилиндрического сосуда 2 в самой нижней точке наклонного днища, а другим — к верхней части 3 сосуда 2. В самой нижней части циркуляционной трубы 5 устанавливается насос или аэролифт 6, с помощью которого суспензия непрерывно циркулирует. При периодическом режиме работы установки в рубашку термостатирования 9 подают теплоагент (вода, масло) с определенной температурой. Ком-

прессором в аэролифт 6 подают инертный газ, в аппарат 2 заливают определенный объем суспензии и включают магнито-стрикционный излучатель 1. Аппарат может работать также и в непрерывном режиме при помощи штуцеров 7 и 8.

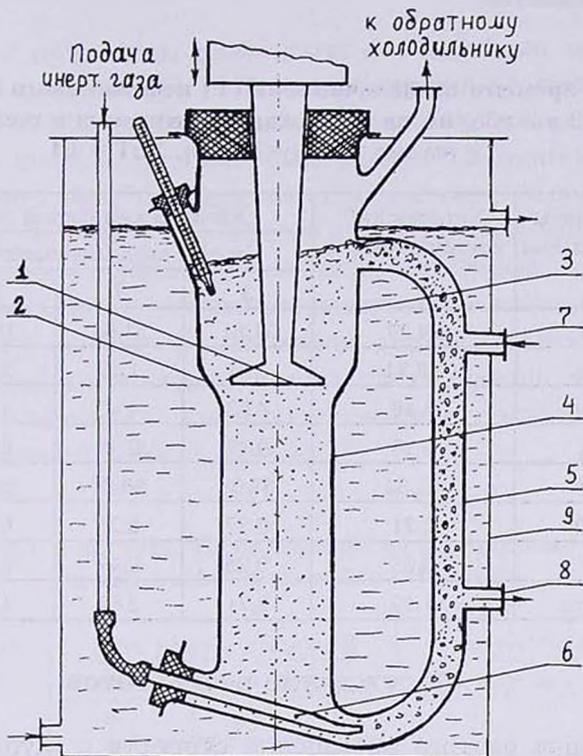


Рис. Аппарат ультразвуковой обработки суспензии: 1 — магнито-стрикционный излучатель; 2 — цилиндрический сосуд с наклонным дном; 3 — верхняя цилиндрическая часть; 4 — нижняя цилиндрическая часть; 5 — цилиндрическая труба; 6 — насос или аэролифт; 7,8 — штуцера подвода и отвода суспензии; 9 — рубашка термостатирования.

Влияние УЗ колебаний на глубину процессов извлечения растворимых алюминатов изучено в вышеуказанном аппарате при непрерывной циркуляции суспензии стандартного выщелачивания.

Результаты исследований показывают (табл.2), что в поле УЗ колебаний с частотой 22 кГц и акустической мощностью 50 Вт/см^2 процесс извлечения глинозема и щелочей практически за-

вершается менее чем за 3 мин, обеспечивая максимальные выходы и минимальные вторичные потери глинозема и щелочей. Полученные выходы намного превышают выходы стандартного выщелачивания за 15 мин. При увеличении времени выщелачивания с 3 до 15 мин содержание глинозема и щелочей в шлаках повышается.

Таблица 2

Влияние времени выщелачивания (τ) нефелинового спека в поле УЗ колебаний на содержание глинозема и щелочей в шламе при $\nu=22$ кГц, Ж:Т = 3:1

Компоненты спека и шлама	Химический состав спека, %	Химический состав шламов, %			
		Время выщелачивания, τ , мин			
		3	7	11	15
Si ₂ O	24,27	31,81	31,63	31,07	31,35
Al ₂ O ₁	15,34	1,64	1,83	2,01	2,12
Fe ₂ O ₃	3,49	4,63	4,45	4,52	4,55
TiO ₂	0,36	0,47	0,48	0,47	0,46
CaO	43,34	57,03	56,80	55,63	56,21
Na ₂ O	2,71	0,22	0,25	0,23	0,31
K ₂ O	9,85	0,25	0,47	0,54	0,55
ппш + вл	1,13	3,71	3,84	5,36	5,11

Обсуждение результатов

Причина резкого повышения скорости и глубины извлечения обусловлена суммарным воздействием на систему кавитации, акустических течений и радиационного давления. В частности, образовавшиеся при захлопывании кавитационных полостей микропотоки жидкости, проникая с большой скоростью в объем капилляров и пор, завихряют жидкость в них, местами разрушая диффузионную пленку жидкости. При этом происходит также обновление жидкости в них, что обеспечивает турбулентный подвод свежего растворителя к поверхности раздела и турбулентный отвод от нее продуктов реакции (алюминатов натрия и калия). В результате массоперенос на поверхности капилляров и пор из области молекулярной диффузии переходит в область турбулентной.

Благодаря большой разнице между скоростями извлечения растворимых алюминатов и побочно протекающих процессов синтеза щелочного гидроалюмосиликата и устранению диффузионных сопротивлений массопереносу в капиллярах и порах вторичные потери глинозема и щелочей многократно уменьшаются.

В табл.3 приведены результаты исследований по влиянию частоты УЗ колебаний и Ж:Т на глубину извлечения глинозема и щелочей. Эти эксперименты проведены на заводском некондиционном спеке с низкими щелочным и силикатным модулями. Выявлено, что при постоянном времени выщелачивания увеличение частоты УЗ колебаний с 22 до 44 кГц сопровождается уменьшением глубины извлечения растворимых алюминатов. На наш взгляд, это обусловлено увеличением вторичных потерь за счет роста скоростей разложения двухкальциевого силиката и синтеза щелочного гидроалюмосиликата. Однако, несмотря на некоторое уменьшение глубины извлечения, содержание глинозема и щелочей в шлаках низкое.

Таблица 3

Влияние Ж:Т и частоты УЗ колебаний на содержание глинозема и щелочей в шламе при $\tau = 3$ мин

Компоненты шламов	Хим. состав шламов, %			Хим. состав шламов, %	
	Ж:Т, при $\nu = 22$ кГц			ν , кГц, при Ж:Т=3:1	
	2:1	3:1	4:1	22,0	44,0
Si ₂ O	31,63	31,75	31,58	31,57	31,28
Al ₂ O ₃	1,94	2,03	1,97	1,95	2,14
Fe ₂ O ₃	4,71	4,60	4,55	4,65	4,44
TiO ₂	0,48	0,46	0,47	0,47	0,45
CaO	57,15	57,05	56,72	56,90	56,23
Na ₂ O	0,27	0,28	0,27	0,26	0,34
K ₂ O	0,33	0,39	0,43	0,35	0,52
ппп + вл	3,72	3,85	4,04	3,95	4,88

Изменение Ж:Т суспензий в пределах Ж:Т=2÷4 практически не влияет на глубину извлечения растворимых алюминатов, о чем свидетельствует содержание глинозема и щелочей в шла-

мах. Аналогичные результаты получены также при разложении шеелита соляной кислотой в поле УЗ колебаний [6].

Сравнение результатов глубины извлечения растворимых алюминатов в поле УЗ колебаний и при стандартном выщелачивании показывает, что из-за малой скорости извлечения и значительных вторичных потерь результаты стандартного выщелачивания значительно ниже, поэтому они не могут служить критерием оценки процесса выщелачивания в производственных условиях.

Таким образом, УЗ колебания промышленной частоты являются мощным средством интенсификации и повышения глубины извлечения растворимых алюминатов из капиллярно-пористых нефелиновых спеков.

ՆԵՖԵԼԻՆԱՅԻՆ ԲՈՎՎԱԾՔԻ ԼՈՒԾԵԼԻ ԱԼՅՈՒՄԻՆԱՏՆԵՐԻ ԿՈՐՁՈՒՄԸ ՈՒՆՏՐԱՍՈՆԱՅԻՆ ՏՍՏԱՆՈՒՄՆԵՐԻ ԳԱՇՏՈՒՄ

Ս. Ն. ԵՆԳԻԲԱՐՅԱՆ և Ս. Վ. ԳԵՎՈՐԿՅԱՆ

Հաստատված է, որ խողովակալոր կորզիչի ուլտրաձայնային մշակման գոտում, լուծվածքի մասնիկների ու կալիտացիոն խոռոչների հավասարաչափ բաշխման և ճառագայթիչի ու կորզիչի տրամագծերի որոշակի հարաբերության (0,9+1,0) դեպքում, բովվածքի լուծելի ալյումինատները գործնականում լրիվ կորզվում են երեք րոպեից քիչ ժամանակում, ապահովելով կավահողի և հիմքերի առավելագույն ելքեր և նվազագույն երկրորդային կորուստներ: Կավահողի և հիմքերի ստացված ելքերը գերազանցում են 15 րոպեում ստանդարտ կորզման ելքերին: Ցույց է տրված, որ կորզման ժամանակը մեծացնելու դեպքում, ի տարբերություն ստանդարտ կորզման, կավահողի և հիմքերի ելքերը նվազում են: Ելքերի նման վարք նկատվում է նաև ուլտրաձայնային տատանումների հաճախականության մեծացման դեպքում: Խլուրդի հեղուկ և պինդ բաղադրամասերի կշռային հարաբերության փոփոխությունը գործնական ազդեցություն չի թողնում ելքերի վրա:

LEACHING THE SOLUBLE ALUMINATES OF THE NEPHELIN SINTER IN ULTRASONIC FIELD

S. N. YENGIBARYAN and S. V. GEVORKYAN

It has been shown that at even distribution of spec particles and cavitation spaces in ultrasonic field the maximum outputs of soluble aluminates is obtained during the period of time less than three minutes providing maximum output and minimum secondary losses of alumina and alkali.

It has been shown that increasing of leaching time and ultrasonic vibration frequency is accompanied by alumina and alkali outputs reduction and alteration of weight correlation between liquid and solid phases of suspension, which doesn't practically affect the outputs.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Абрамов В.Я., Еремин Н.И.* Выщелачивание алюминатных спеков, М., *Металлургия*, 1976, с.199.
- [2] *Бершицкий А.А.* Применение УЗ в металлургических процессах / сб. статей М., *Металлургия*, 1971, вып.67, с.74.
- [3] *Кортнев А.В., Вартонов Е.Г.* Акустика и УЗ техника / сб. статей, Киев, *Техника*, 1973, вып.8, с.19.
- [4] *Кортнев А.В., Макаров Т.В.* Акустика и УЗ техника / сб. статей. Киев, *Техника*, 1966, вып.1, с.28.
- [5] *Гершгал Д.А., Фридман В.М.* Ультразвуковая технологическая аппаратура. М., *Энергия*, 1976, с.207.
- [6] *Ультразвуковая технология / Под ред. Б.А.Аграната.* М., *Металлургия*, 1974, с.348, с.359.
- [7] А.с. 882645 СССР, В 06 В 1/08 // Б.И. №43, 1981.